

INSTRUCTION

SUR

LES PARATONNERRES.

INSTRUCTION

SUR

LES PARATONNERRES,

POUR servir à l'Établissement de ces Appareils au-dessus des Magasins à poudre, adoptée par le COMITÉ DES FORTIFICATIONS dans sa Séance du 25 Août 1807;

SUIVIE

DES RAPPORTS



Faits à la CLASSE DES SCIENCES PHYSIQUES ET MATHÉMATIQUES DE L'INSTITUT NATIONAL et à l'ACADÉMIE DES SCIENCES, sur cette Instruction et sur l'Établissement des Paratonnerres en général :



IMPRIMÉS

Par Décision de S. EXC. LE MINISTRE DE LA GUERRE, pour être distribués dans les Places de guerre et servir à l'Établissement des Paratonnerres sur les Édifices militaires.

A PARIS,

DE L'IMPRIMERIE IMPÉRIALE.

1808.

INSTRUCTION

SUR

LES PARATONNERRES,



POUR servir à l'établissement de ces Appareils au-dessus des Magasins à poudre;

Adoptée par le COMITÉ DES FORTIFICATIONS dans sa Séance du 25 Août 1807.

---

1. LA foudre est un courant de fluide électrique par lequel l'équilibre se rétablit entre les nuages et la terre, quand la masse du fluide que les nuages contiennent est inférieure ou supérieure à leur quantité naturelle.

2. Lorsque la masse du fluide accumulée dans un nuage excède assez la quantité naturelle pour vaincre la résistance de l'air, et obéir à la force qui le pousse ou l'attire vers la masse du même fluide dont la terre est le réservoir commun, elle jaillit du sein de la nue, et va se perdre à travers l'air dans la terre ou les eaux. C'est la seule résistance que l'air oppose à la circulation du fluide, qui le concentre en un jet rapide : il faut même que l'air soit bien sec. Dans le vide ou dans une atmosphère humide, le fluide électrique se dissipe sans violence et sans bruit.

3. Si la foudre tombe sur des corps tels que des métaux qui ne sont pas convertis en oxides, elle produit des effets divers, selon que le métal a des dimensions assez fortes ou trop faibles pour résister au choc du courant, communique ou non avec le réservoir commun, et dans sa contexture offre ou non des solutions de continuité.

A

Quand les dimensions du corps métallique sont trop faibles, la foudre le détruit et passe.

Lorsque les dimensions de ce corps sont assez fortes, s'il est isolé au milieu d'un air sec ou de substances qui arrêtent le fluide, la foudre se refoule pour ainsi dire contre le métal, en sort et reprend son cours.

Mais quand le métal communique avec une masse d'eau ou de terre humide, la foudre le suit et va se perdre dans le sein du globe, avec des scintillations si le corps métallique, comme les chaînes, ne jouit pas d'une continuité parfaite; sans secousse et sans bruit, si le corps n'offre aucune solution de continuité.

4. La propriété qu'ont les métaux de servir, dans ce dernier cas, à l'écoulement tranquille de la foudre, appartient à d'autres substances. Telles sont toutes les liqueurs, excepté les huiles, l'air humide, les tissus de chanvre, &c. On les distingue sous le nom de corps conducteurs.

On appelle corps non conducteurs tous ceux (2) qui arrêtent le fluide, lorsqu'ils ont d'ailleurs des dimensions assez fortes pour résister au choc du courant. Tels sont les vitrages, les substances résineuses, les tissus de soie, les maçonneries et les bois mêmes qui ne sont point humides.

5. Il résulte de plusieurs expériences que le fluide ne pénètre pas dans le corps conducteur, mais l'enveloppe comme une atmosphère électrique. L'opinion de la plupart des physiciens est aussi que le fluide, en fuyant, reste à la surface, et s'écoule non comme les fluides dans les tuyaux de conduite, mais comme une nappe liquide sur la surface d'un solide incliné : de sorte que la propriété conductrice des corps de même nature n'est pas proportionnelle à leur volume, mais d'autant plus grande, à volume égal, qu'ils ont plus de superficie.

6. Le contact des corps non conducteurs ne peut suspendre ni détourner le cours du fluide, et l'affinité qui retient la foudre

à la surface de la substance conductrice ne peut être vaincue que par l'affinité d'un corps conducteur qui communique avec le réservoir commun, et qui, par sa nature ou ses dimensions, offre à la foudre un écoulement plus facile.

7. Il faut, pour que l'écoulement du fluide se fasse sans éclats ni scintillations, que la continuité soit parfaite d'un bout à l'autre de la conduite; mais il n'est pas indispensable qu'elle soit formée en entier d'un seul métal, ou de tout autre conducteur homogène; il suffit qu'une suite de conducteurs quelconques, mais de dimensions convenables, se succèdent sans aucune solution de continuité.

8. Les corps conducteurs ne servent pas seulement de canaux à la foudre; ils l'attirent: mais les effets de leur force attractive varient comme leur figure.

Si le conducteur électrique oppose au nuage orageux une surface courbe ou polyédrique, dont les points n'ont que peu de saillie les uns au-dessus des autres, le fluide s'élance de la nue en courant électrique: il foudroie la surface. Mais cette explosion n'a lieu qu'autant que la nuée passe à peu de distance, et la sphère d'attraction du conducteur est alors très-bornée.

Si le conducteur, au contraire, finit vers le nuage en pointe allongée et fort aiguë, la pointe soutire tout le fluide qui se trouve dans une sphère d'activité beaucoup plus grande. La force attractive décroît comme le carré de la distance, mais subsiste et agit sensiblement jusqu'à dix mètres au moins de rayon. Le fluide soutiré par la pointe, comme un liquide par des tuyaux capillaires, passe des nuages au réservoir commun, insensiblement et sans explosion. La pointe n'est foudroyée que dans le cas peu ordinaire où un nuage, surchargé d'électricité, arrive brusquement dans la sphère d'attraction du conducteur, et alors même l'effet de la foudre se réduit à fondre ou à dégrader l'extrémité de la tige.

9. Tels sont les faits principaux sur lesquels repose la théorie

des paratonnerres. Ces faits sont constatés par l'observation de tous les phénomènes de l'électricité atmosphérique, et par l'accord parfait de ces phénomènes avec les expériences des physiciens sur l'électricité naturelle ou artificielle.

En général, un paratonnerre est un conducteur électrique armé d'une pointe et plongé dans le réservoir commun.

Si l'on en considère la construction, c'est un arbre métallique dans lequel on peut distinguer la tige, le corps et les racines.

On va rappeler, en peu de mots, les dimensions que chacune de ces parties doit avoir, et les conditions qu'elle doit remplir.

On examinera ensuite comment on établit tout le paratonnerre.

On terminera par quelques réflexions sur l'espèce de garantie qu'offre ce genre d'appareils.

De la Tige (*).

10. La tige est une aiguille de métal fort aiguë, conique ou pyramidale, ayant à sa base trois ou quatre centimètres de rayon ou de côté. Sa hauteur varie de cinq à dix mètres, suivant le site et l'élévation de l'édifice et des objets au-dessus desquels la pointe doit, comme nous le verrons, s'élever.

La pointe est en or ou en platine, sur une longueur d'environ trois centimètres. Tout autre métal s'oxiderait, et la pointe perdrait sa propriété attractive.

Cette pointe est soudée avec une baguette de cuivre d'un à deux mètres.

Cette baguette s'assemble avec le reste de la tige qui est en fer, soit par une simple soudure, soit à vis, écrou et goupille.

Le cuivre conduit mieux le fluide électrique, et la baguette de ce métal favorise, au premier instant, la descente de la foudre. L'assemblage à vis permet de démonter et de réparer la pointe quand la foudre ou d'autres causes l'ont dégradée ou détruite.

Il importe d'ailleurs que toutes les parties de la tige soient

(*) *Voyez*, sur les détails de constructions, la feuille de dessin et sa légende.

unies

unies avec beaucoup de soin, afin qu'il y ait continuité parfaite, dans cette première partie du canal électrique, et que le fouet ou les vibrations de l'aiguille, dans les temps orageux, ne puissent dévisser ou dessouder peu à peu les assemblages.

11. Le pied de la tige est terminé par plusieurs pattes ou griffes en fer, que l'on peut sceller sur l'extrados de la voûte, ou boulonner dans la charpente, si la voûte est couverte par un toit ordinaire.

On a proposé divers appareils, dont l'objet est de laisser du jeu à la tige, et de diminuer ainsi l'effet des vibrations, qui, dans les orages, tendent à la briser ou à la renverser. Mais ces mécanismes, dans beaucoup de places, pourraient n'être pas exécutés avec la précision convenable, et il vaut mieux assurer la solidité de la tige par des dimensions plus fortes et par des points d'appuis plus multipliés.

12. Du bas de la tige part une amorce du corps ou de la conduite. Cette amorce doit offrir au fluide électrique un canal d'écoulement, immédiat et continu dans tous ses points; mais sur-tout au point où elle s'assemble avec la tige, puisque c'est-là que la foudre passe, en changeant de route, de la tige dans la conduite.

Pour favoriser ce passage, et rendre plus solide l'insertion de l'amorce et des pattes, on forme souvent au pied de la tige une espèce de renfort ou de collet, auquel on donne, à volonté, la forme d'une sphère, d'un cylindre ou d'un cube : cette précaution n'est pas indispensable; mais, comme elle est peu coûteuse, il est bon de ne pas la négliger.

13. Afin de préserver la tige de la rouille, on la dore quelquefois. On a proposé de l'étamer : le plus souvent on se borne à la peindre; et ce dernier moyen, qui, d'après l'expérience, suffit, n'a point d'inconvénient, et coûte peu; c'est le seul qu'on puisse appliquer aux paratonnerres des magasins à poudre.

14. Au lieu de forger la tige en cône ou en pyramide, on peut se borner à élever, sur le faîte du bâtiment, une barre en fer carré, et l'on termine ce prisme, comme l'aiguille, par la baguette en cuivre et la pointe en or ou platine (10). Quand ces tiges, dont la masse est plus pesante et le centre de gravité plus élevé, ont des dimensions faibles ou beaucoup de hauteur, les vibrations peuvent les casser ou les plier vers le point d'appui ; mais, dans les appareils ordinaires, on peut adopter, sans danger, ce procédé économique.

Du Corps ou de la Conduite.

15. Le corps ou la conduite du paratonnerre est formé par des barres de fer de treize à vingt millimètres en carré (six à neuf lignes en carré). On peut, dans ceux des magasins à poudre, pousser la précaution jusqu'à employer du fer carré de vingt-sept millimètres (un pouce).

Ces barres sont assemblées par entailles à mi-fer. Pour rendre la continuité plus parfaite et l'assemblage plus solide, on interpose entre les surfaces une lame de plomb, et l'on serre les barres avec une vis que l'on assure par un écrou ou par une goupille rivée.

On préfère l'entaille, parce qu'elle affaiblit moins les barres que le tenon et la mortaise, et que le biseau n'oppose qu'un plan incliné au poids des barres supérieures.

16. On fait suivre à la conduite le toît, la corniche et la muraille : on peut d'ailleurs la plier ou non au profil de la corniche. Chaque barre est fixée par un demi-collet ou double crampon placé vers le milieu des barres, ou du moins à quelques distances des assemblages. On les espace de trois à six mètres, suivant la longueur et la situation des barres.

Afin de prévenir les désunions et de rattacher les crampons aux barres sans aucune solution de continuité, on peut les entailler réciproquement de quelques millimètres, interposer

une lame de plomb, et serrer l'assemblage par une vis ou une goupille.

17. On peut substituer aux conduites en barres de fer des cordes en fil de cuivre, de fer ou même de chanvre, telles que la grosse sonde.

Ces dernières servent de conduite provisoire lorsqu'on place les tiges des paratonnerres dans un temps orageux, ou lorsqu'on établit des appareils temporaires sur des tentes, des baraques, des dépôts de poudre momentanés.

Les cordes en fils métalliques sont, dans ces mêmes cas, utiles et préférables.

Dans les paratonnerres permanens, leur emploi n'offre point d'avantages essentiels sous les rapports de l'économie et de la propriété conductrice. En effet, on ne peut leur donner moins de cinq à six millimètres de rayon, et leur prix est à celui de la conduite en barres de fer à-peu-près comme 6 et 5 sont à 3. Leur continuité n'est de molécule à molécule que dans un même fil; elle est entre les fils de surface à surface, et dépend du nombre de leurs points de contact. La corde de cuivre conduit mieux le fluide; mais de moindres dimensions et la forme cylindrique, en diminuant sa surface absolue et relative, lui enlèvent sa supériorité conductrice. Enfin, si ce métal s'oxide moins vîte, la peinture défend le fer de la rouille, et de bons assemblages assurent la continuité des barres.

Mais un avantage réel et précieux des cordes métalliques et sur-tout des cordes en cuivre, c'est leur continuité comme tissu, c'est leur flexibilité qui permet de les plier à toutes les formes des édifices, et réduit presqu'à rien le temps, la sujétion, les précautions minutieuses qu'exigent les assemblages et la pose des conduites en barres de fer.

18. On continue la conduite jusqu'à la surface du sol. On la coude et on la conduit, dans une direction à-peu-près parallèle au terrain, jusqu'à un puits plein d'eau ou assez profond

pour que l'extrémité du conducteur atteigne une couche de terre humide.

19. Depuis deux mètres environ de hauteur jusque dans le puits, on enferme la conduite en des chenaux ou augets, de la même manière à-peu-près que les saucissons des mines.

L'objet de cette précaution est de défendre la conduite contre l'humidité du sol et les contacts. Ce n'est pas qu'on ne puisse toucher la conduite sans péril, quand il y a continuité parfaite de la tige au réservoir commun. Mais cette continuité même peut être rompue par des dégradations actuelles ou antérieures; et dans le contact, ce sont principalement les causes de discontinuité qui sont à craindre.

20. Lorsque la conduite doit être enterrée, il faut que les augets soient en chêne, bien assemblés, goudronnés ou charbonnés, ou enveloppés de charbon en poudre, de manière que le métal ne puisse être oxidé par les infiltrations et par l'humidité du sol.

21. Dans quelques terrains, il est souvent plus sûr et moins coûteux de faire en plomb la partie souterraine de la conduite, en la commençant à quelque distance des fondations, et en rachetant, par beaucoup plus de surface, l'infériorité de ce métal comme substance conductrice.

22. On peut quelquefois profiter des tuyaux de conduite en plomb ou en fer de fonte; le métal et l'eau font également fonctions de conducteurs. Mais il est évident qu'on ne doit les employer que quand ils servent à écouler des eaux, et que leurs extrémités plongent dans un réservoir isolé. Il importe, au contraire, d'éloigner les conducteurs électriques des tuyaux de conduite qui amènent les eaux aux fontaines publiques ou dans l'intérieur des édifices.

Des Racines et des Puits.

23. Si la conduite aboutit à un puits plein d'eau, ou à quelque masse d'eau pareille, les racines ou les extrémités du paratonnerre peuvent se réduire à quelques pivots terminés en pointe, et assez prolongés pour être constamment en immersion. On multiplie les pivots et les pointes, pour favoriser le passage de la foudre dans l'eau, substance moins conductrice que le métal.

24. Lorsque la conduite ne peut aboutir qu'à une couche de terre, on établit un système de racines dont l'objet est de multiplier d'autant plus les pointes ou les tuyaux d'écoulement, que la couche est moins conductrice.

On termine donc l'extrémité de la conduite par un renfort ou collet, sur lequel on assemble, avec solidité, des tiges de plomb qui finissent par d'autres collets hérissés de pointes.

Suivant le besoin, on multiplie ces tiges dans le sens des rayons d'un cercle, d'une hémisphère ou d'un secteur sphérique.

Lorsque la conduite ne peut atteindre qu'une couche de roche, de sable, ou de terre peu humide, on adapte à l'extrémité du conducteur, des tiges transversales que l'on termine par plusieurs sphères de racines, d'un rayon plus ou moins grand.

Quand la couche, au contraire, est humide et favorable à la dispersion du fluide, on se borne à découper, dans le plan d'un cercle, des lames de plomb en feuille, disposées tout autour du collet principal.

25. Il est évident qu'il faut proportionner la force des branches et des rameaux de ces racines, à leur distance au collet, et à la solidité du terrain.

Il convient, si le sol a peu de consistance, de soutenir tout le système par des piquets, ou même par une espèce de grillage, et de prendre enfin toutes les précautions nécessaires pour que les racines ne puissent se séparer les unes des autres, ni du corps de la conduite.

Le puisard doit être assez large pour qu'on puisse visiter l'appareil et, s'il y a lieu, en réparer les dégradations.

26. Le puits ou le puisard doit être situé à une assez grande distance des fondations du magasin et de tout autre établissement, pour que le fluide ne puisse les dégrader en se dispersant.

27. Il est bon que le puisard se trouve au point de réunion des eaux de pluie, et il importe de les y dériver par tous les moyens possibles, afin qu'elles entretiennent et, s'il se peut, augmentent l'humidité naturelle des couches du sol.

Mais on ne doit alors descendre dans le puisard qu'avec les précautions usitées dans la visite des égoûts et des mares d'eau souterraines.

28. Quand les puits ne peuvent être fermés et condamnés, il faut du moins que la conduite soit isolée et profondément immergée, de peur que la communication du fluide dans les chaînes des puits ou les bras des pompes, ne cause des accidens ou des phénomènes qui répandraient l'alarme.

29. Dans quelques places, au lieu de creuser des puisards profonds ou de prolonger les conducteurs jusqu'à des puits et des masses d'eau fort éloignés, il sera possible, plus économique, et sous d'autres rapports avantageux, de former dans le voisinage des magasins un amas d'eau artificiel par des retenues, des dérivations, ou par quelques machines hydrauliques.

30. Dans quelques autres forteresses, au lieu de creuser des puisards qui ne conduiraient qu'à des couches de roc, il vaudra mieux étendre les racines du paratonnerre dans les couches supérieures de terre végétale : comme on voit les arbres et les plantes prolonger au loin, dans ces mêmes terrains, leurs racines traçantes et chevelues.

En général, la dispersion du fluide dans le réservoir commun

est, après la continuité de la conduite, ce qui mérite le plus l'attention du physicien et de l'ingénieur. Pour concilier ce but avec l'économie, il est impossible de suivre un mode uniforme. Il faut, dans chaque place, reconnaître, sonder, étudier le terrain.

De la disposition des Paratonnerres.

31. On a remarqué qu'une pointe étendait jusqu'à dix mètres sa sphère d'activité; qu'au-delà de ce rayon, son effet devenait peu sensible, et que les pointes trop rapprochées neutralisaient réciproquement leur attraction. Il faut donc, sur un bâtiment de grandeur déterminée, multiplier assez le nombre des appareils pour qu'il soit couvert par leurs sphères d'attraction, et qu'elles se touchent sans se pénétrer.

Si le bâtiment n'a que dix ou quinze mètres en longueur ou en quarré, il suffit d'une pointe unique élevée sur le milieu du bâtiment.

Quand l'édifice a de quinze à vingt mètres en longueur, il faut une pointe près de chaque pignon: on en place quatre vers les angles, lorsque le bâtiment est carré.

Ces exemples suffisent pour montrer comment on applique le principe.

32. La foudre en passant d'un nuage à la terre, ne suit pas toujours une direction verticale. On sait que les nuages se foudroyent mutuellement, et que le vent qui accompagne les orages donne souvent aux gouttes de pluie une direction plus ou moins inclinée à l'horison. Si donc, à l'instant où un nuage se résout en pluie de cette espèce, il est foudroyé par un nuage voisin, la pluie peut servir de conducteur à la foudre, qui frappe alors obliquement les murs de face, les toits ou les pignons des édifices.

Toutes les fois donc qu'un magasin à poudre sera fort élevé, ou situé sur une éminence, il ne sera pas inutile d'armer les pignons ou les angles de pointes horizontales ou inclinées.

33. Dans quelques places, les magasins à poudre, situés au pied des remparts ou en des positions analogues, sont dominés par des édifices, par le terrain même ou par des plantations.

Il faut nécessairement munir les édifices trop voisins de paratonnerres, ou du moins armer les magasins à poudre de pointes horisontales dirigées contre ces édifices, de la même manière qu'on les arme contre le choc oblique des nuages.

Si les remparts ou le terrain dominent de très-près le magasin à poudre, il sera prudent d'y placer un paratonnerre sur mât.

Les arbres ne sont foudroyés dans les orages, que parce que leurs tiges font l'office de pointe; mais leurs troncs sont de mauvais conducteurs, et la foudre quelquefois les abandonne pour s'élancer sur des corps voisins; la prudence prescrit donc de ne point établir ni conserver, autour des magasins à poudre, de plantations trop voisines, sur-tout en arbres de haute-futaie.

34. Quel que soit le nombre de pointes dont un magasin soit armé, il faut les rendre solidaires par des conduites partielles, qui toutes aboutissent à la conduite principale.

35. Il importe, quand les pointes sont nombreuses, que les conduites principales soient multipliées; et, sur les magasins à poudre, il serait convenable peut-être qu'il y eût toujours deux corps ou conduites générales, afin que si l'une perdait par accident sa continuité, la foudre trouvât par l'autre une issue.

36. Les pierres, les bois, et même la poudre de guerre, sont des substances moins conductrices que les métaux; et des pièces de métal pourraient pénétrer sans danger dans l'intérieur du magasin à poudre, si elles étaient liées aux conduites principales par des conduites partielles de bonnes dimensions, et sans aucune discontinuité.

Toutefois il est plus prudent de ne laisser d'ouvrages en métaux qu'aux dehors, de disposer les tôles et les ferrures des portes et volets de manière que toutes les pièces métalliques soient extérieures, et d'éloigner d'ailleurs les poudres de ces issues.

Mais

Mais il est inutile de démolir les ouvrages en métaux qui ne pénètrent pas dans l'intérieur du bâtiment; il suffit de les rattacher par des conduites partielles aux conduites principales; ce sont alors pour la foudre des canaux sans issue, dans lesquels le fluide peut se répandre, mais qu'il abandonne à l'instant pour fuir par la route facile que lui offrent les conduites.

37. On vient de voir (33) qu'il est des cas où il convient de placer près d'un magasin à poudre un ou plusieurs paratonnerres sur mât.

On a proposé d'établir ainsi les paratonnerres de tous les magasins à poudre.

Sur le milieu d'un magasin de vingt mètres, s'élève une seule pointe d'un mètre ou d'un mètre et demi : de part et d'autre règne, sur le faîte, une conduite en fil de cuivre de la grosseur du petit doigt; cette conduite aboutit de part et d'autre à un paratonnerre sur mât, planté à environ seize décimètres des pignons.

Le but de ce dispositif est d'éloigner de ces foyers d'explosion les tiges et les conduites principales.

Mais ces paratonnerres deviennent beaucoup plus chers; et comme l'excès des prix doit être multiplié par le nombre des magasins à poudre de tout l'Empire, il faudrait, pour adopter ce genre d'appareils, que des événemens bien constatés eussent prouvé le danger des appareils ordinaires.

Conclusion.

38. Telles sont en général les précautions qu'exige l'établissement des paratonnerres sur les magasins à poudre.

Les accidens causés par une construction vicieuse et par les dégradations qui ôtent au conducteur électrique sa continuité, ne peuvent entrer dans la balance quand il s'agit d'évaluer l'espèce de garantie qu'offrent les paratonnerres.

On ne peut armer un bâtiment d'assez de pointes pour qu'il soit enveloppé de tous côtés par leurs sphères d'attraction, ni

établir d'une manière absolue les limites de la foudre dans ses directions et dans ses effets.

Mais il en est des paratonnerres comme des préservatifs que l'homme oppose à d'autres fléaux. Leur garantie est relative à l'expérience et fondée sur l'observation. Les faits antérieurs sont la base de la confiance qui leur est due. Toutes les chances sont en faveur du succès. Les accidens sont possibles et nullement probables. C'est tout ce que permettent à l'homme, dans les mesures de cette espèce, les limites de sa prévoyance et de ses facultés. C'en est assez pour qu'il soit prudent et sage d'armer de ces appareils conservateurs des foyers d'explosion, tels que les magasins à poudre.

Pour copie conforme :

Le Général, Président, ANDREOSSY.

Le Lieutenant-Colonel du génie, Secrétaire, Alex. ALLENT.

Vu, *le premier Inspecteur général du génie,* MARESCOT.

LÉGENDE.

Fig. 1.re PLAN et profil d'une aiguille ordinaire conique, ayant à sa base trois centimètres de rayon. Sa hauteur peut varier de cinq à dix mètres. Cette aiguille peut aussi être pyramidale.

a b. Aiguille détaillée *fig. 2.*

c. Collet ou renfort de la tige pour assurer sa jonction aux pattes et à la conduite.

d d d d. Pattes ou griffes en fer que l'on peut sceller sur l'extrados de la voûte, ou boulonner dans la charpente de la toiture.

e. Amorce du corps ou de la conduite qui doit offrir au fluide électrique un canal d'écoulement continu dans tous les points.

Fig. 2. Détail de l'aiguille.

f g. Pointe de trois centimètres en or ou en platine; tout autre métal s'oxiderait, et la pointe perdrait sa propriété attractive.

g h. Baguette en cuivre d'un à deux mètres de longueur; le cuivre conduit mieux le fluide électrique et favorise au premier instant la descente de la foudre. Cette baguette s'assemble à vis avec le reste de la tige, pour pouvoir démonter et réparer les pièces à volonté.

h i. Corps de la tige dont toutes les parties doivent être soudées ou vissées avec beaucoup de soin. On dore quelquefois cette tige pour la préserver de la rouille, mais la peinture remplit plus économiquement cet objet, et convient sur-tout aux paratonnerres des magasins à poudre.

Fig. 3. Élévation d'une aiguille formée d'une simple barre en fer carré de deux à trois centimètres d'épaisseur, surmontée d'une baguette en cuivre avec pointe en or ou platine, qu'on peut adopter par économie et sans inconvénient dans les appareils ordinaires, lorsque cette tige a peu de hauteur.

Fig. 4, 5 et 6. Assemblages divers des conduites, à entaille, à tenon et mortaise, en biseau: l'entaille à mi-fer est préférée, parce qu'elle affaiblit moins

la barre. Pour rendre la continuité plus parfaite et l'assemblage plus solide, on interpose entre les surfaces, avant de les visser, une lame de plomb. Chaque barre est fixée au bâtiment par un demi-collet ou double crampon, qu'on peut entailler dans les barres pour éviter les désunions.

On peut substituer à ces conduites en barres de fer, des cordes en fil de fer, de cuivre, ou même de chanvre, dans les appareils provisoires.

Fig. 7. Manière dont on enroule les conduites en corde autour de la tige.

kkkk. Vis ou goupilles qui fixent et pressent la corde contre la tige et le collet, auquel on donne alors la forme conique.

Fig. 8. Pointes ordinaires des racines en plomb, quand la conduite aboutit à un puits ou à de la terre fort humide.

Fig. 9. Plan et profil d'une sphère de racines. On multiplie les sphères ou on les réduit à des lames circulaires, suivant que la conduite aboutit à des couches plus ou moins réfractaires. Les roches, les sables, les terres peu humides exigent plusieurs sphères de racines, dont les tiges en plomb soient assemblées solidement à la conduite par un renfort ou collet.

Fig. 10. Conducteur en barres de fer ou cordes métalliques, soutenu le long du toit sur des pitons établis de distance en distance, et scellés dans la pierre, ou solidement fixés dans la charpente.

Fig. 10 *bis*. Détail du piton destiné à recevoir les barres de transmission.

Fig. 11. Paratonnerre sur aiguille en bois.

a. Aiguille en bois sec, élevée de deux mètres au-dessus du faîte du magasin, et recouverte d'un enduit de résine.

b. Chapiteau en cuivre portant la flèche du paratonnerre terminée à son sommet par une petite plaque en platine.

c. Cordes de fil de fer qui partent du chapiteau et vont s'attacher à une distance convenable à des barres de même métal communiquant au réservoir commun. Ces cordes sont formées de vingt-sept fils de fer recuits, et bien réunis ensemble.

Paratonnerre

Fig. 12. Paratonnerre sur mât de vaisseau, avec conducteur en corde métallique, applicable aux tentes et baraques, &c.

AB. Aiguille servant de fût de girouette, armée d'une pointe de cuivre doré, et fixée à l'extrémité du mât de perroquet.

Fig 13 et 14. Détail du paratonnerre sur mât de vaisseau.

ac. Pointe de cuivre rouge, dorée.
c. Écrou à vis pour tenir la pointe dorée.
cb. Fût de girouette en cuivre.
e. Girouette attachée par une pomme de fil.
f. Anneau pour visser.
g. Écrou à vis du fût de la girouette.
h. Bande de cuivre de quinze lignes garnissant la flèche de perroquet, et assujettie par des clous, i, i.
k. Piton et crochet servant à fixer le conducteur au mât de perroquet.
j. Conducteur métallique, ou corde en fil de fer de dix-huit lignes, allant de la bande de cuivre h, jusqu'à la ligne de flottaison, en suivant la courbure du vaisseau.

Fig. 15. Détail d'un paratonnerre sur mât qu'on emploie quand les bâtimens sont dominés de près par le rempart ou par le terrain.

l. Aiguille ordinaire élevée sur mât.
m. Mât supportant les conducteurs électriques.
n. Colliers pour fixer les barres contre les mâts.
o. Augets renfermant les conducteurs sous terre. Ces augets peuvent être en chêne bien assemblé, goudronnés ou charbonnés, &c.
p. Assemblage de charpente pour contenir le mât.

EXEMPLES d'application à des Magasins à poudre.

Fig. 16. Magasin isolé avec paratonnerre ordinaire dont la conduite aboutit dans un puisard plein d'eau.

Fig. 17. Magasin isolé avec paratonnerres sur mâts, dont la conduite aboutit dans un puisard de terre humide, et se termine par une sphère de racines.

Fig. 18. Magasin dominé par un édifice, avec pointes contre cet édifice.

Fig. 19. Magasin dominé par un rempart, et garanti des effets de la foudre

par un paratonnerre sur mât placé sur ce rempart, et par une aiguille ordinaire placée sur la voûte du bâtiment, les deux conduites rendues solidaires et aboutissant à un réservoir commun.

Fig. 20. Magasin avec paratonnerre monté sur chapiteau en cuivre avec cordes métalliques, et porté sur une aiguille.

Fig. 21. Magasin situé sur un terrain élevé, garni de deux aiguilles sur son comble et de pointes à ses angles, contre le choc oblique des nuages.

RAPPORT

FAIT A L'INSTITUT NATIONAL, SUR LES PARATONNERRES,

Le 2 Novembre 1807.

SON EXCELLENCE le Ministre de la guerre a communiqué à la première classe de l'Institut une Instruction sur l'établissement des paratonnerres, rédigée par le Comité central des Fortifications, en l'invitant à l'examiner et à y faire les modifications qu'elle jugerait nécessaires. C'est sur cette Instruction que la classe nous a chargés, MM. Laplace, Rochon, Charles, Montgolfier et moi, de lui faire un rapport.

Il serait peut-être utile de commencer par rappeler la théorie qui doit servir de guide dans l'établissement des paratonnerres; mais, comme elle a déjà été exposée avec quelques détails dans un rapport sur un objet semblable fait à l'Académie des sciences en 1784, et que nous nous proposons de faire communiquer au Ministre de la guerre, nous nous contenterons de rappeler,

1.° Que l'expérience a appris qu'une aiguille de paratonnerre de quatre à cinq mètres de hauteur, ne peut protéger efficacement autour d'elle un espace de plus de dix à douze mètres de rayon;

2.° Que lorsqu'il y a sur un édifice armé d'un paratonnerre des pointes ou autres parties métalliques un peu considérables, il est absolument nécessaire d'établir une communication entre elles et le principal conducteur;

3.° Qu'il n'est pas moins important que les barres métalliques qui composent le conducteur soient intimement unies entre elles, afin que la matière électrique n'éprouve aucune résistance en se

rendant de la pointe du paratonnerre dans la terre ou réservoir commun;

4.° Enfin, qu'il faut que le conducteur communique parfaitement avec la terre humide, ou mieux avec l'eau.

Telles sont les principales conditions auxquelles il faut satisfaire dans l'établissement des paratonnerres.

Nous allons maintenant rendre compte de l'examen que nous avons été chargés de faire, en nous bornant cependant à la partie de l'Instruction qui traite de la manière de construire les paratonnerres et de les disposer sur les magasins à poudre. L'autre partie, qui renferme les principes d'électricité sur lesquels repose la théorie des paratonnerres, exigerait une discussion approfondie qui nous paraît inutile aux vues du Gouvernement.

Les paratonnerres qui sont décrits dans l'Instruction ne diffèrent pas, dans leur construction, de ceux qui sont généralement adoptés. Ils sont composés d'une tige ou pointe de longueur variable, mais ordinairement de quatre à cinq mètres, et d'un conducteur qui part de la tige et va se perdre dans la terre humide ou dans l'eau. La tige elle-même est composée de trois parties. La première et la principale est en fer, en forme de pyramide ou de cône tronqué, et porte à sa base de trois ou quatre centimètres de côté ou de rayon, suivant la hauteur qu'elle doit avoir. La seconde, qui peut être considérée comme un prolongement de la première, est en cuivre, et se termine par une pointe d'or ou de platine de trois à quatre centimètres de longueur. Toutes ces parties sont parfaitement réunies entre elles, de manière qu'elles doivent être regardées comme ne faisant qu'un seul et même corps. Dès l'origine des paratonnerres, on avait senti la nécessité de terminer leur tige par une pointe de cuivre doré, parce que le fer s'altère très-facilement à l'air; mais aujourd'hui on commence à renoncer à ce moyen, sans que cependant l'expérience ait donné lieu de soupçonner qu'il soit insuffisant. Nous croyons donc devoir faire quelques observations, non dans l'intention de blâmer l'usage des pointes d'or ou de platine, mais pour rassurer sur celui des pointes de cuivre doré.

doré. Ces dernières occasionnent une moindre dépense, en présentant autant de sûreté, et cette considération, qui est d'un très-grand poids dans un objet d'une utilité générale, devrait leur faire donner la préférence.

Le cuivre, d'après Cavallo, est presque aussi bon conducteur que l'or et l'argent, et il est meilleur que le platine. La seule objection que l'on puisse donc faire sur son usage, porte sur son altération à l'air. Mais on peut observer qu'elle est extrêmement faible, même quand il est seul, et qu'elle est entièrement nulle quand il est doré. On objecte maintenant contre la dorure qu'elle peut être dégradée facilement par la foudre à l'extrémité de la pointe. Cependant, si on fait attention que le cuivre est à-peu-près aussi bon conducteur que l'or, on conviendra qu'une pointe de ce dernier métal sera fondue par la foudre dans les mêmes circonstances où une pointe de cuivre le serait, et qu'on sera par conséquent exposé aux mêmes réparations dans l'un et l'autre cas.

Du bas de la tige, construite comme nous venons de le rapporter, part le conducteur qui doit rendre le fluide électrique au réservoir commun. Il est composé de barres de fer de quinze à vingt millimètres en carré et très-bien liées les unes aux autres, afin qu'il n'y ait aucune solution de continuité, et que le fluide électrique n'éprouve, par conséquent, aucune résistance dans son passage. On conseille, dans l'Instruction, de pousser la précaution pour les magasins à poudre, jusqu'à employer pour le conducteur des barres de fer de vingt-sept millimètres (un pouce) en carré; mais l'expérience a appris que du fer de vingt millimètres est plus que suffisant pour conduire les coups de foudre les plus violens, et il serait, par conséquent, inutile de passer cette dimension. Ce n'est que sur la réunion de ces barres qu'on pourrait avoir quelques craintes, parce que le contact n'est jamais intime malgré l'interposition d'une lame de plomb, et il serait facile de les lever en élargissant les barres à leurs extrémités, afin qu'elles pussent se toucher par un plus grand nombre de points, ou mieux en n'employant que des barres continues. Des cordes

de fil de fer seraient sous ce rapport très-avantageuses, mais nous pensons qu'elles se détruiraient trop facilement, et que cette raison doit les faire rejeter; on ne peut les remplacer par des cordes de cuivre, car elles rendraient la construction des paratonnerres trop dispendieuse. Quand le conducteur est parvenu dans le sol, on ne saurait avoir trop de soin pour établir entre l'un et l'autre une libre communication. C'est de là principalement que dépendent les bons effets des paratonnerres; car on a vu des maisons foudroyées quoique bien armées, parce que le conducteur ne communiquait qu'avec un sol très-sec. MM. Rittenhouse et Hopkinson en rapportent un exemple très-remarquable dans le quatrième volume des *Transactions Philosophiques américaines :* la pointe du paratonnerre dans l'exemple cité, avait attiré la foudre sur elle, puisqu'elle était fondue très-profondément, et qu'il était évident, d'après l'inspection du terrain, qu'une partie du fluide électrique avait pénétré dans le sol par le conducteur; mais tout le fluide n'ayant pu être absorbé assez promptement, l'autre partie ravagea le toit pour se porter de la tige du paratonnerre sur une gouttière en cuivre dont elle suivit la conduite.

Cette nécessité d'offrir au fluide électrique un prompt écoulement dans le réservoir commun, a été parfaitement sentie dans l'Instruction dont nous rendons compte, et on y trouve indiqués avec soin les divers cas qui peuvent se présenter et les moyens qu'il faut alors employer.

Si le conducteur aboutit à un puits, son extrémité peut se réduire à quelques branches terminées en pointe et assez enfoncées dans le puits pour qu'elles restent constamment plongées dans l'eau. Si le conducteur ne peut aboutir qu'à un sol humide, on multiplie les points de contact en faisant faire des ramifications au conducteur, et alors on le termine par un collet duquel partent des tiges de plomb qui finissent par se diviser en plusieurs points. On emploie le plomb au lieu du fer, quoiqu'il soit plus mauvais conducteur, parce qu'il se détruit moins dans un sol humide. M. Patterson, de Philadelphie, a publié, dans le quatrième volume des *Transactions Philosophiques américaines*, un

moyen de mettre les conducteurs à l'abri de toute altération, qui nous paraît utile. Il conseille de l'envelopper avec une couche de plombagine amenée préalablement à la consistance d'une pâte en la mêlant avec du soufre fondu, de la même manière qu'on le pratique dans les manufactures de crayons communs. La plombagine est un bon conducteur, et de plus, elle aurait l'avantage de défendre le fer du contact de toute humidité. M. Patterson a aussi publié un moyen très-simple de procurer un prompt écoulement au fluide électrique, dans le cas où le sol n'est pas très-humide, qui consiste à faire un trou dans la terre, à le remplir de charbon, et à y faire plonger l'extrémité du conducteur. Mais il y a plus de trente ans que M. Guyton a appliqué le pouvoir conducteur du charbon aux paratonnerres; et depuis, on en a fait plusieurs nouvelles applications, particulièrement à Dijon. *(Supplément de l'Encyclopédie*, tome IV, art. *Paratonnerre.)* Le charbon, de même que la plombagine, conduit très-bien l'électricité, et cette propriété, qui le rend très-précieux dans tous les cas où le sol est aride, doit en faire recommander l'emploi.

Voilà ce qui concerne la construction des paratonnerres. Nous terminerons par l'examen de la disposition que le Comité central des Fortifications prescrit de leur donner sur les magasins à poudre.

Cette disposition est indiquée d'après ce principe, constaté par l'expérience, qu'une tige de quatre à cinq mètres de hauteur ne protège efficacement l'espace autour d'elle qu'à dix à douze mètres de rayon : d'après cela, « si le bâtiment n'a que dix ou » quinze mètres en longueur, ou en carré, il suffit d'une pointe » unique élevée sur le milieu du bâtiment.

» Quand l'édifice a de quinze à vingt mètres en longueur, il » faut une pointe près de chaque pignon; on en place quatre » vers les angles, si le bâtiment est carré. »

Comme il arrive quelquefois que la foudre ne tombe pas perpendiculairement, et qu'elle peut suivre la direction inclinée des gouttes de pluie poussées par le vent, on conseille, dans l'Instruction, d'armer de pointes horisontales ou inclinées les pignons

ou angles des magasins, quand ils se trouvent sur des hauteurs; mais nous observons que les magasins à poudre n'ont jamais une grande élévation, et nous pensons que les pointes verticales, disposées comme il vient d'être dit, suffiront pour les défendre des chocs obliques.

Enfin, si les magasins à poudre, situés dans les places fortes, au pied des remparts ou autres lieux analogues, sont dominés par des édifices, le terrain ou des plantations, on prescrit d'armer les édifices, et même les remparts, en mettant sur ces derniers des paratonnerres sur mâts, et de ne point conserver autour des magasins à poudre les arbres de haute-futaie.

L'Instruction dont nous venons de rendre compte renferme aussi l'idée d'un nouveau projet de paratonnerres, qui consisterait à les placer, non sur les magasins à poudre, mais sur des mâts élevés autour : on y observe avec raison que ces paratonnerres coûteraient plus à établir que les autres, et que pour les adopter, il faudrait que l'événement eût prouvé le danger ou l'insuffisance de ceux qui sont en usage aujourd'hui.

Nous avons passé sous silence un grand nombre de détails de construction très-utiles, mais trop connus, pour avoir dû nous y arrêter; nous avons fixé notre attention sur les objets principaux, et nous avons reconnu qu'ils sont traités dans l'Instruction avec toute l'étendue et l'exactitude désirables, comme on peut s'en convaincre, en y jetant les yeux, ainsi que sur la planche qui l'accompagne. Nous pensons donc qu'en se conformant aux règles qui y sont indiquées et aux observations que nous avons faites, on aura satisfait à tout ce que l'expérience et la physique ont appris à cet égard.

Signé LAPLACE, ROCHON, CHARLES, MONTGOLFIER, et GAY-LUSSAC, *rapporteur.*

La classe approuve le rapport, et en adopte les conclusions.

Certifié conforme à l'original :

Le Secrétaire perpétuel, DELAMBRE.

RAPPORT

RAPPORT

FAIT A L'ACADÉMIE DES SCIENCES,

Le 24 Avril 1784.

M. le Maréchal de Ségur ayant envoyé à l'Académie deux projets, pour armer de paratonnerres les magasins à poudre de la ville de Marseille, et mandé, dans la lettre qui les accompagnait, que le Roi désirait que la Compagnie les fît examiner et en donnât son avis, l'Académie nous a nommés pour lui en rendre compte. Nous allons le faire avec tout le soin que demande un sujet de cette importance, non-seulement par la nature de son objet, mais encore par les heureux effets qui en résulteront. Car rien n'est plus propre à multiplier de toutes parts les paratonnerres, que l'exemple que donnera sa Majesté, en en faisant armer les magasins à poudre de son Royaume.

Mais avant de parler des projets que nous avons été chargés d'examiner, il ne sera pas inutile de rappeler, en peu de mots, la théorie qui doit servir de guide dans l'établissement des paratonnerres ou des conducteurs.

Pour armer un édifice quelconque de manière à le mettre à l'abri de la foudre, au moyen d'un ou de plusieurs conducteurs, il y a différentes circonstances auxquelles on doit avoir une attention particulière;

1.° Il est nécessaire de connaître ou de déterminer quelle est son étendue, afin de décider s'il faudra en mettre un ou plusieurs; car c'est un point sur lequel il est important de statuer avant de rien entreprendre. Malheureusement les expériences électriques ne nous ont encore rien appris qui puisse nous mener à connaître l'étendue de la sphère d'action de la pointe d'un conducteur. Mais depuis qu'on a armé des édifices, plusieurs observations

nous ont appris que des parties de ces édifices qui se sont trouvées à une distance de plus de quarante-cinq pieds de la pointe du conducteur, ont été foudroyées; d'où il suit tout naturellement qu'il faut les placer de manière que leur sphère d'action n'ait à défendre que des parties situées à une moindre distance ;

2.° Lorsqu'il y a plusieurs pointes ou flèches sur un édifice, il faut les faire bien communiquer ensemble, et faire communiquer de même toutes les parties du comble de l'édifice qui sont recouvertes en plomb ou qui ont quelque autre métal, comme des pointes en fer appartenant à des girouettes ou à quelques ornemens, afin que le tout ne fasse qu'un système de corps métallique, qui, avec les barres de transmission, soit propre à faire passer la matière fulminante du haut en bas de l'édifice, de quelque part qu'elle vienne ;

3.° Il n'est pas moins important que ces barres soient intimement unies entre elles, afin que cette matière ne trouve aucune résistance dans son passage de haut en bas. Car la solution de continuité dans ces barres produit toujours une résistance plus ou moins grande, selon l'étendue de leur séparation, parce qu'il faut alors que la matière fulminante ou électrique saute de l'une à l'autre de ces barres ;

4.° Enfin, il faut qu'elles communiquent bien exactement avec la terre humide, ou mieux encore avec l'eau, pour qu'il y ait un passage facile et toujours ouvert le long de ces barres de transmission avec la masse de la terre, ou le grand réservoir commun de la matière électrique.

Quant à la hauteur des pointes, elle doit être au moins de douze ou quinze pieds, et plus même si l'édifice est fort grand. Ce qu'il y a de certain, c'est que plus elles seront élevées, plus leur sphère d'activité s'étendra à une grande distance. On leur donnera deux pouces en quarré par en bas, et même plus en proportion de ce que leur hauteur excèdera celle de quinze pieds; et quant à la grosseur des barres de transmission, il paraît qu'en leur donnant huit à dix lignes en carré, ou un pouce tout au plus, cette grosseur sera plus que suffisante pour qu'elles transmettent

la matière fulminante du plus violent coup de tonnerre. Ce qu'il y a de certain, c'est que l'observation ne nous a encore fourni aucun exemple de barres de fer de cette grosseur qui aient été en aucune façon fondues ou altérées par le passage de la foudre.

Après ces notions préliminaires sur la manière d'établir les conducteurs et sur les dimensions qu'on doit donner aux parties dont ils sont composés, il faut en venir à l'examen des deux projets, pour armer les magasins à poudre de Marseille, envoyés par M. le maréchal de Ségur et signés par MM. Ravel-de-Puy-Contal et Pierron, l'un officier dans le corps royal d'artillerie, et l'autre dans le corps royal du génie.

Ces deux projets ont été formés pour le même magasin, qui a trente-une toises de long sur huit de large, ou à-peu-près : dans le premier, on établit trois pointes ou flèches sur le faîtage du magasin, et dans sa longueur; à celles-ci, on en ajoute quatre autres, placées respectivement à chaque angle du bâtiment. Dans le deuxième projet, on place de même trois pointes sur le faîtage; mais au lieu d'en mettre aux quatre angles du bâtiment, on les établit en quinconce, des deux côtés du toit, avec des barres de fer, de transmission horisontale, qui règnent tout le long, et qui font communiquer ces pointes les unes avec les autres.

Quant à la manière dont elles sont arrêtées ou scellées sur le faîtage, dont les barres de transmission sont assemblées les unes avec les autres, enfin dont elles vont se rendre dans l'eau, elle est la même pour les deux projets. En jetant un coup-d'œil sur les dessins, l'Académie concevra sans peine tout ce que nous venons d'exposer sur la nature de l'un et de l'autre.

Pour prononcer sur celui des deux qui doit être préféré, nous remarquerons que le second, avec les barres de transmission, couchées horisontalement le long du toit, entraînerait une trop grande dépense, et qui ne paraît pas nécessaire; mais pour les pointes qu'on y emploie, il faut les conserver; seulement au lieu de les placer en quinconce, comme on le propose dans ce projet, on les établira de manière que chacune d'elles réponde

exactement à la moitié de l'intervalle qui se trouve entre la pointe du milieu du faîtage et celle de l'extrémité; et au lieu de faire communiquer ces pointes ensemble par des barres de transmission couchées le long du toit, on les fera communiquer avec celles du faîtage par des barres qui viendront les joindre perpendiculairement, en rampant le long du toit; par-là on aurait également la communication intime de toutes les pointes, sans la dépense qu'entraîneraient des barres couchées horisontalement tout au tour du toit. Ce point réglé, il faut passer à l'examen de la manière dont on propose de réunir ou d'assembler les différentes parties des paratonnerres de ces deux projets.

Il paraît que MM. Pierron et de Ravel, auteurs de ces projets, pénétrés de la nécessité d'établir une communication bien intime entre ces parties, ont cru qu'on ne devait jamais épargner rien pour y parvenir; mais nous ne pouvons nous empêcher de penser que ces messieurs ont poussé trop loin le scrupule à cet égard, et que la manière dont ils proposent d'unir ensemble toutes les parties de leur système conducteur, comporterait trop de travail et une dépense superflue. En effet, les vis aux extrémités des barres de transmission, les écrous dans les espèces de pitons chargés de les recevoir, ne manqueraient pas de demander des frais assez considérables pour être bien faits et remplir leur objet; nous croyons qu'on pourrait y procéder plus simplement. Voici, en conséquence, comment nous pensons qu'on pourrait armer ces magasins, en parlant d'après ce qui nous est exposé, et en réunissant à l'économie, dans l'établissement de leurs paratonnerres, la solidité et tout ce qui peut en assurer l'effet, conformément à ce que paraît désirer M. le Maréchal de Ségur, selon les termes de sa lettre.

On conservera les jambes de force des flèches dans les magasins à poudre qu'on se propose d'armer à Marseille et dans d'autres ports où ils se trouvent exposés à de grands vents de mer. Mais, dans d'autres magasins situés dans l'intérieur du Royaume, on pense qu'on pourrait s'en passer, l'expérience ayant montré que des pointes avec les dimensions qui sont indiquées dans les dessins,

dessins, sont suffisantes pour résister aux efforts des vents qu'on y éprouve; mais on donnera plus de hauteur aux flèches en la portant jusqu'à quinze pieds. Au bas de chaque flèche, et immédiatement au-dessus de l'endroit où elle sera scellée dans la pierre de taille, on pratiquera ou on réservera de chaque côté une oreille circulaire ayant deux pouces de diamètre, ou à-peu-près, et deux lignes d'épaisseur. On y fera au centre un trou de cinq lignes de diamètre; au bout de la première barre de transmission qui sera attachée à cette flèche, on pratiquera une oreille toute semblable, on en fera autant à l'autre bout, de manière que toutes les barres de transmission auront ainsi une oreille à chacune de leurs extrémités. Pour faire la réunion de toutes ces parties les unes avec les autres, on appliquera l'oreille d'une de ces barres contre celle d'une autre, en mettant entre deux une lame de plomb, et au moyen d'un écrou, entrant sur une vis à tête et dont la tige passera à travers l'œil de ces oreilles, on les serrera fortement l'une contre l'autre; de cette manière, ces barres seront bien assemblées les unes avec les autres; on pourra les séparer facilement, et cet ajustement sera très-facile à exécuter. Pour soutenir ces barres de transmissions le long du toit, ou pourra établir et sceller dans la pierre de taille, de distance en distance, des pitons fendus par en haut pour les recevoir. Quant à la position et à la distribution des pointes ou des flèches, on les établira comme nous l'avons proposé, trois sur le faîte et deux de chaque côté du toit, répondant respectivement au milieu de l'intervalle entre la flèche du milieu du bâtiment et celle de l'extrémité. Ces pointes du toit communiqueront avec les barres de transmission régnant le long du faîtage, comme nous l'avons dit plus haut, et s'élèveront de manière à déborder ce faîtage au moins de six pieds. Par cette disposition des différentes pointes de ce bâtiment, il se trouvera que toutes les parties de son comble seront bien défendues par ces pointes, n'y en ayant aucunes qui ne soient fort en dedans de la sphère d'activité dont nous avons parlé. On ne peut qu'applaudir d'ailleurs à la manière dont on a fait communiquer les barres de transmission à l'eau

en les menant jusqu'à la mer. Cependant si à l'autre extrémité du bâtiment, il se trouvait de la terre à la superficie, et que le sol ne fût pas entièrement de rocher, on pourrait y faire descendre des barres de transmission de la pointe placée à cette extrémité; cela pourrait servir à diminuer l'espace que la matière fulminante aurait à parcourir de l'autre côté. La manière dont les pointes en cuivre sont adaptées à la flèche, est bien; on les ajuste ici à vis; l'une et l'autre méthode sont bonnes; mais par la dernière, on peut démonter facilement cette pointe, et c'est un avantage, car cela est quelquefois nécessaire; on en a vu de fondues par le passage de la matière fulminante dans un coup de tonnerre.

Telles sont les observations que nous avons cru devoir faire sur les deux projets pour armer de paratonnerres les magasins à poudre de la ville Marseille, que M. le Maréchal de Ségur a envoyés à l'Académie, ainsi que les changemens que nous avons cru devoir proposer à la manière de faire communiquer ensemble toutes les différentes parties de l'appareil. Mais avant de terminer ce rapport, nous devons à MM. Ravel de Puy-Cantal et Pierron, la justice de dire qu'on reconnaît à la manière dont leurs projets sont conçus, qu'ils entendent très-bien la matière, et qu'ils sont très en état de faire armer de paratonnerres les magasins à poudre, que M. le Maréchal de Ségur les chargera de défendre contre les ravages de la foudre.

Signé FRANKLIN, LEROY, COULOMB, DELAPLACE et l'abbé ROCHON.

Certifié conforme à l'original :

Le Secrétaire perpétuel, DELAMBRE.

RAPPORT

FAIT A L'INSTITUT NATIONAL,

SUR un projet de disposition des parties d'un Paratonnerre pour un Magasin à poudre,

Le 6 Nivôse an 8.

LE Ministre de la guerre ayant chargé la Commission intermédiaire de l'artillerie de lui donner son opinion sur un projet de disposition des parties d'un paratonnerre pour un magasin à poudre, présenté par le Citoyen Regnier, garde du dépôt des modèles et archives de l'artillerie, la Commission en a fait un rapport favorable, mais en témoignant cependant qu'elle regardait comme un préalable nécessaire que l'Institut fût consulté avant qu'on en vînt à l'exécution de ce paratonnerre. Cette idée ayant été pleinement adoptée par le Ministre, il a renvoyé à l'Institut le projet du Citoyen Regnier pour l'examiner et lui en donner son avis.

Nommés par la classe pour lui en faire un rapport, les Citoyens Laplace, Coulomb et moi, nous allons lui rendre compte de l'examen que nous en avons fait.

Mais auparavant nous avons cru devoir faire quelques observations sur les paratonnerres en général, et rapporter quelques faits propres à faire mieux connaître les effets. Cela nous a paru d'autant plus nécessaire, qu'il semble, par un mémoire envoyé au Ministre de la guerre par le général Aboville, que quelques personnes ont témoigné des craintes sur la sûreté de ces effets. D'ailleurs, ce que nous dirons à ce sujet servira à confirmer les

observations judicieuses que ce général à faites dans son mémoire, pour montrer que ces craintes ne sont pas fondées.

On ne pouvait guère, après la découverte de l'identité de la matière fulminante avec la matière électrique, faite en France en 1752, se défendre d'admettre la théorie sur laquelle l'illustre Francklin avait établi la propriété des paratonnerres pour préserver les édifices de la foudre.

Cependant, comme dans un objet de cette nature et de cette importance, la théorie, quoique bien fondée, a encore besoin d'être confirmée par les faits, on pouvait douter à cette époque que les paratonnerres eussent réellement les avantages que Francklin leur attribuait. Mais aujourd'hui qu'une multitude d'observations et d'expériences, faites dans les deux mondes, ont prouvé la vérité de ce que cette théorie nous avait annoncé, il n'est plus permis de mettre en question l'utilité des paratonnerres et de n'en pas regarder la découverte comme une des plus précieuses de la physique moderne. Nous devons faire remarquer même que ces observations ont non-seulement prouvé que lorsqu'ils sont bien construits, ils transmettent exactement la matière fulminante du haut en bas des édifices, mais encore qu'ils ne cessent pas de la conduire dans cette direction, sans accidens, bien qu'ils aient quelques défectuosités qui pourraient les faire craindre.

A ce sujet, le général Aboville observe avec raison (dans le mémoire déjà cité) que les défectuosités qu'on peut avoir à craindre dans un paratonnerre, regardent particulièrement sa pointe si elle est émoussée, et son conducteur s'il s'y rencontre quelque solution de continuité. Et il fait voir ensuite, par différens raisonnemens, que même en supposant ces défectuosités ou imperfections dans un paratonnerre, il offrirait encore pour l'édifice sur lequel il serait établi, une plus grande sûreté contre la foudre, que s'il n'était pas armé. Or les observations dont nous avons fait mention ayant prouvé, comme on le verra dans un

un moment, que les paratonnerres ont cet avantage, on a par-là une preuve expérimentale de la vérité de l'opinion de ce Général sur le service qu'on peut encore en tirer, même quand ils ont ces défectuosités.

En effet, elles nous ont fourni différens faits qui montrent, 1.° que quoique les pointes des paratonnerres soient émoussées, elles ne cessent pas pour cela d'attirer la foudre des nuages et de la déterminer à se jeter sur elles de préférence aux autres objets qui les environnent; 2.° que bien que la solution de continuité ait eu lieu dans quelques parties d'un paratonnerre, cependant, lorsqu'elle n'était pas trop considérable, la transmission de la matière fulminante s'en faisait encore le long de son conducteur, sans accident.

On avait déjà quelques observations qui montraient la vérité de ce premier avantage; c'est-à-dire, que des paratonnerres dont les pointes avaient été émoussées par la foudre n'avaient pas perdu pour cela la propriété de l'attirer encore de préférence aux autres parties de l'édifice ; mais les observations du feu docteur Rittenhouse, de Philadelphie, ne laissent aucun doute à ce sujet.

Ce savant avait un excellent télescope de réflection, avec lequel il se plaisait à examiner et à passer en revue les pointes des différens paratonnerres de cette ville où ils sont en grand nombre. Il en a vu beaucoup dont les pointes étaient émoussées, sans avoir appris que les maisons où ces paratonnerres étaient établis eussent été frappées de la foudre, depuis cette fusion de leurs pointes. Or, cela n'aurait pas manqué d'arriver à quelques-unes, au moins au bout d'un certain temps, si leurs paratonnerres n'avaient pas continué de bien faire leurs fonctions. Car cette fusion des pointes annonçait évidemment que la foudre avait antérieurement visité ces quartiers, et par-là montrait qu'elle pouvait les visiter encore. En effet, nous savons par nombre d'observations, que lorsque par un concours de circonstances

locales (qu'on n'a pas encore bien pu déterminer) le tonnerre est tombé dans quelques endroits ou sur certains édifices, il n'est pas rare de l'y voir retomber encore.

Mais, quoi qu'il en soit des observations du docteur Rittenhouse, relativement aux paratonnerres dont les pointes quoiqu'émoussées n'ont cependant pas cessé de bien remplir leurs fonctions, on pourrait s'en passer, car nombre d'observations d'un autre genre nous ont appris que la foudre a été attirée par des corps métalliques qui se trouvaient sur des édifices, bien qu'ils fussent de formes peu aigues : on a vu cent fois des croix de fer et des coqs de cuivre situés sur des clochers, ainsi que des girouettes de fer blanc, des barres de fer, et même de simples lames de ce métal, ou d'un autre, qui étaient sur des édifices, attirer la foudre et devenir, par cet effet, la cause de tous les ravages qu'elle y faisait ensuite. Car ces coqs, ces girouettes, &c. n'étant pas munis de conducteurs ou de barres métalliques propres à transmettre la matière fulminante du haut en bas dans la terre ou le réservoir commun, il arrivait que la foudre s'étant jetée sur ces différens corps métalliques, elle se répandait ensuite de toutes parts dans ces édifices et produisait tous ces ravages.

Nous venons de montrer par les faits que les pointes des paratonnerres, bien qu'émoussées, ne perdent pas pour cela la faculté d'attirer la foudre de préférence à tout ce qui les environne, et ainsi qu'elles conservent encore leur propriété essentielle, c'est-à-dire, celle de la diriger sur les paratonnerres dont elles font partie.

Nous allons faire voir maintenant que, quoique leurs conducteurs aient quelque solution de continuité, pourvu qu'elle ne soit pas trop considérable, ils continuent de même de remplir leur fonction. Un des exemples les plus frappans de cette vérité de fait, c'est ce qui arriva sur un vaisseau américain au mois d'avril 1769, et qui est rapporté dans les *Transactions philosophiques* de l'année 1770. Ce vaisseau se trouvant sur les côtes de l'Amérique

pendant la nuit et au milieu d'un grand orage, les gens de l'équipage, tout effrayés, vinrent avertir le capitaine qu'on voyait une traînée de feu dans une partie du gréement qui répondait au-dessous du milieu du paratonnerre. Le capitaine s'étant transporté aussitôt de ce côté-là, vit en effet un courant de feu plus ou moins vif, tantôt pétillant et tantôt n'offrant qu'une lumière tranquille, et ayant conjecturé aussitôt la cause de cette apparence, il ne tarda pas à rassurer son équipage. Il n'eut rien de plus pressé le lendemain matin que de visiter la chaîne de son paratonnerre. Il la trouva cassée, un des anneaux de ses chaînons ayant été séparé en deux. Mais, par un hasard heureux, les deux parties de cet anneau ayant été retenues par la corde qui attachait la chaîne au galhauban, elles ne se trouvèrent séparées l'une de l'autre, après cette cassure, que par un intervalle de trois quarts de pouce, mesure anglaise. Il observa encore que chacun des bouts cassés formait une espèce de pointe, ce qui avait donné lieu au courant de matière fulminante que l'on avait vu la veille. Tout se borna à cette apparence. On ne sentit dans le vaisseau ni secousse (comme cela arrive dans ces occasions), ni commotion qui pussent faire soupçonner que cette cassure du conducteur eût empêché en aucune manière la transmission de la matière fulminante, de la pointe du paratonnerre au haut du mât en bas dans la mer. Il n'est pas inutile d'ajouter en passant, par rapport à la nécessité d'établir les paratonnerres à demeure sur les vaisseaux, que l'accident arrivé à celui du vaisseau américain était venu de la précipitation avec laquelle on l'avait monté à l'approche de l'orage. On trouve encore dans les œuvres de Francklin un exemple de ce genre. On y voit qu'un paratonnerre, dont la pointe d'en haut ne communiquait avec la barre de fer d'en bas entrant dans la terre, que par un fil de laiton beaucoup trop délié, fut frappé de la foudre, et que bien que ce fil eut été fondu par le passage de la matière fulminante, cependant la transmission ne s'en fit pas moins du haut en bas, sans aucun dommage pour la maison. Enfin, nous apprenons par les relations des effets de la foudre sur différens édifices où elle est tombée,

telle, par exemple, que celle des ravages qu'elle fit dans l'abbaye de Saint-Médard de Soissons dans le siècle dernier, que des fils métalliques, fondus en partie par la matière fulminante, avaient cependant servi à sa transmission, comme s'ils eussent été continus. Les œuvres du philosophe de Philadelphie que nous venons de citer nous fournissent aussi plusieurs exemples de faits semblables. Au reste, nous ne prétendons point, par les exemples que nous venons de rapporter, qu'on puisse se dispenser de former une communication bien exacte et continue entre les différentes parties du conducteur d'un paratonnerre. Nous nous sommes proposés seulement de montrer par les faits, que même dans les cas où il se trouve quelque solution de continuité entre ses parties, pourvu qu'elle ne soit pas trop grande, la transmission de la foudre ne s'en fait pas moins, et qu'on n'a encore rien à en redouter.

Nous craindrions de nous être trop étendus dans ce que nous venons de dire sur les paratonnerres, si nous n'en avions donné les raisons dans le commencement de ce Rapport, et s'il n'était pas temps de faire cesser toutes les incertitudes sur la sûreté et les avantages de leurs effets. Nous allons passer à la disposition proposée par le citoyen Regnier pour un paratonnerre destiné à défendre un magasin à poudre.

Ce paratonnerre, dont le dessin est sur le bureau, sous les yeux de l'assemblée, est formé de ce que l'auteur appelle une *aiguille en bois*, qui s'élève de deux mètres au-dessus du faîte du magasin, et qui, faite d'un bois fort sec, doit être recouverte d'un enduit de résine. Sur cette aiguille est solidement attachée une espèce de chapiteau en cuivre, ou d'entonnoir renversé, qui porte la pointe ou la flèche du paratonnerre. Des deux bords opposés de ce chapiteau partent des cordes de fils de fer, qui vont s'attacher, à la distance convenable, à des barres du même métal, enfoncées jusqu'à la terre humide; ces cordes sont formées de vingt-sept fils de fers recuits et bien réunis ensemble. La flèche de ce paratonnerre doit être terminée à son sommet par une petite pointe

en

en platine, comme on l'a déjà proposé. Telles sont les dispositions que le citoyen Regnier compte donner aux différentes parties de son paratonnerre pour les magasins à poudre. Il faut les examiner.

L'espèce d'isolement de la pointe, au moyen de l'aiguille de bois, peut être employée pour une plus grande précaution, quoique nombre d'observations nous aient appris que jamais la matière fulminante ne quitte le fer ou les métaux pour se jeter sur le bois; mais nous devons observer qu'il est essentiel de donner à cette aiguille une grosseur suffisante, pour que, par sa force, elle puisse résister aux efforts du vent, sur-tout dans des lieux élevés, sans quoi elle pourrait être cassée et la pointe emportée. Quant à la manière dont l'auteur fait communiquer la pointe du paratonnerre avec les barres métalliques enfoncées en terre, et qui servent à transmettre la matière fulminante directement au réservoir commun, nous ne pouvons que l'approuver, les cordes métalliques dont il se sert pour cette communication étant très-propres pour remplir cet objet; enfin, c'est avec raison qu'en les faisant descendre, il les a tenues à une distance convenable du magasin. Mais nous devons ajouter, en finissant, que les barres métalliques d'en bas, ou destinées à transmettre la matière fulminante directement au réservoir commun, doivent, non-seulement communiquer avec la terre humide, mais que, pour une plus grande sûreté, il est nécessaire encore de les faire communiquer à l'eau par des puits ou autrement, comme on l'a pratiqué aux magasins à poudre du port de Brest, et comme les Anglais l'ont fait à ceux de Purflect, auprès de Londres.

Nous croyons qu'il n'est pas inutile de remarquer ici, qu'indépendamment des paratonnerres dont on a armé les magasins à poudre de Marseille, en 1784, sur l'avis de la ci-devant Académie des Sciences, le citoyen Leroy, l'un de nous, en a fait mettre, il y a près de quinze ans, sur plusieurs de ces magasins, à Brest et dans d'autres ports, qui n'ont pas cessé, depuis cette époque, de bien remplir leur fonction.

Nous concluons de tout ce que nous venons de dire sur la construction d'un paratonnerre pour des magasins à poudre, proposée par le citoyen Regnier, qu'en ayant égard aux observations que nous avons faites, particulièrement sur la manière de faire communiquer les *dernières barres de transmission* avec le réservoir commun, on peut l'employer avec sûreté dans l'armement de ces magasins contre la foudre, et que par-là il mérite d'être approuvé par la classe.

Signé LEROY, LAPLACE, COULOMB.

La Classe approuve le rapport et en adopte les conclusions.

Certifié conforme à l'original :

Le Secrétaire perpétuel, DELAMBRE.

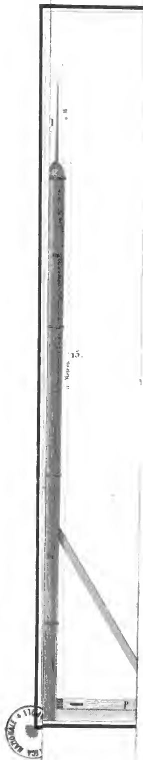
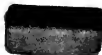


TABLE.



S. E. Sig.re Generale Fanchi = Strada Gesuana N.° 26






BIBLIOTECA